

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-136356

(43) 公開日 平成8年(1996)5月31日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 K 7/01

G 0 5 D 23/20

Z

G 0 1 K 7/00

3 9 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-273291

(22) 出願日 平成6年(1994)11月8日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 赤川 圭一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

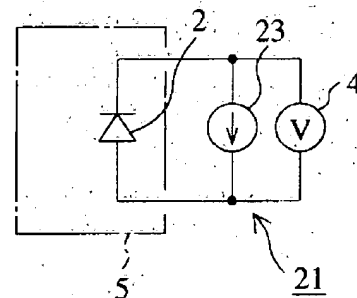
(54) 【発明の名称】 温度検知装置及び方法並びにこれを用いた

半導体温度調節システム

(57) 【要約】

【目的】 構成が簡単で安価であるという特徴を損なうことなく、ノイズの多い環境下においてもオフセットが少なくかつ安定した温度検知信号を得る。

【構成】 温度検知装置21は、PNダイオード2と、PNダイオード2に一定値の順方向電流を流す定電流源23と、PNダイオード2の両端間の電圧を計測する電圧計4とを備える。定電流源23によりPNダイオード2に流される順方向電流の値を、PNダイオード2の順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上にす



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 P Nダイオードと、該P Nダイオードに一定値の順方向電流を流す定電流源と、前記P Nダイオードの両端間の電圧を計測する計測手段とを備えた温度検知装置において、前記定電流源により前記P Nダイオードに流される順方向電流の値が、前記P Nダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上であることを特徴とする温度検知装置。

【請求項2】 前記定電流源により前記P Nダイオードに流される順方向電流の値が、前記P Nダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値の10倍以下であることを特徴とする請求項1記載の温度検知装置。

【請求項3】 P Nダイオードと、該P Nダイオードに一定値の順方向電流を流す定電流源と、前記P Nダイオードの両端間の電圧を計測する計測手段とを備えた温度検知装置において、前記P Nダイオードの順方向の内部抵抗値と前記定電流源により前記P Nダイオードに流される順方向電流の値との積が1 mV以上であることを特徴とする温度検知装置。

【請求項4】 前記P Nダイオードの順方向の内部抵抗値と前記定電流源により前記P Nダイオードに流される順方向電流の値との積が10 mV以下であることを特徴とする請求項3記載の温度検知装置。

【請求項5】 P Nダイオード及び抵抗とからなる直列回路と、該直列回路に一定値の順方向電流を流す定電流源と、前記直列回路の両端間の電圧を計測する計測手段とを備えた温度検知装置において、前記定電流源により前記直列回路に流される順方向電流の値が、前記直列回路の順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上の値であることを特徴とする温度検知装置。

【請求項6】 前記定電流源により前記直列回路に流される順方向電流の値が、前記直列回路の順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値の10倍以下であることを特徴とする請求項5記載の温度検知装置。

【請求項7】 P Nダイオードと抵抗とからなる直列回路と、該直列回路に一定値の順方向電流を流す定電流源と、前記直列回路の両端間の電圧を計測する計測手段とを備えた温度検知装置において、前記直列回路の順方向の抵抗値と前記定電流源により前記直列回路に流される順方向電流の値との積が1 mV以上であることを特徴とする温度検知装置。

【請求項8】 前記直列回路の順方向の抵抗値と前記定電流源により前記直列回路に流される順方向電流の値との積が10 mV以下であることを特徴とする請求項7記載の温度検知装置。

【請求項9】 前記P Nダイオードがゲルマニウムダイオード又はシリコンダイオード又はガリウムヒ素ダイオードであることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の温度検知装置。

【請求項10】 請求項1乃至9のいずれかに記載の温度検知装置と、半導体装置と、該半導体装置の温度を調節する温度調節手段と、前記計測手段による計測結果に基づいて前記半導体装置の温度が所定温度となるように前記温度調節手段を制御する制御手段とを備え、前記P Nダイオードが前記半導体装置に熱的に接触されることを特徴とする半導体温度調節システム。

【請求項11】 前記P Nダイオードが前記半導体装置を構成する基板上に形成されたことを特徴とする請求項10記載の半導体温度調節システム。

【請求項12】 前記半導体装置が赤外線固体撮像装置であり、前記温度調節手段が冷却器であることを特徴とする請求項10又は11記載の半導体温度調節システム。

【請求項13】 温度を測定すべき被検物にP Nダイオードを熱的に接触させ、該P Nダイオードに一定値の順方向電流を流し、前記P Nダイオードの両端間の電圧を計測する温度検知方法において、前記P Nダイオードに流す順方向電流の値を、前記P Nダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上、前記P Nダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値の10倍以下にしたことを特徴とする温度検知方法。

【請求項14】 温度を測定すべき被検物にP Nダイオードを熱的に接触させ、該P Nダイオードに一定値の順方向電流を流し、前記P Nダイオードの両端間の電圧を計測する温度検知方法において、前記P Nダイオードの順方向の内部抵抗値と前記P Nダイオードに流す順方向電流の値との積を1 mV以上10 mV以下にしたことを特徴とする温度検知方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、P Nダイオードの順方向電流電圧特性の温度依存性を利用した温度検知装置及び方法並びにこれを用いた半導体温度調節システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】P Nダイオードは、図5乃至図7に示すように、順方向電流電圧特性が温度によって大きく変化する。例えば、シリコンダイオードでは、シリコンダイオードの温度が1°C変化すると、シリコンダイオードの両端間の電圧は約2.3 mV変化する。

【0003】図5は、P Nダイオードの一つであるゲルマニウムダイオードの低電流領域の順方向電流電圧特性

の一例を示す図である。図6は、PNダイオードの一つであるシリコンダイオードの低電流領域の順方向電流電圧特性の一例を示す図である。図7は、PNダイオードの一つであるガリウムヒ素ダイオードの低電流領域の順方向電流電圧特性の一例を示す図である。

【0004】図5乃至図7において、縦軸は順方向電流  $I_F$  を示し、横軸は順方向電圧  $|V_F|$  を示し、温度をパラメータとしている。なお、図5乃至図7中の破線は、 $e^{q|V_F|/kT}$  と  $e^{q|V_F|/2kT}$  に依存する関数の勾配を表している。ここで、 $q$  は電子の電荷量、 $k$  はボルツマン定数、 $T$  は絶対温度を示す。

【0005】さらに、図8は、ゲルマニウムダイオード、シリコンダイオード及びガリウムヒ素ダイオードの  $25^\circ\text{C}$  における高電流領域の順方向電流電圧特性の一例を示す図である。なお、図8中の破線は、 $e^{q|V_F|/kT}$  と  $e^{q|V_F|/2kT}$  に依存する関数の勾配を表している。

【0006】図8中、点Aはゲルマニウムダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との境界を示し、A点より順方向電流が小さい領域が指数関数領域となっている。また、図8中、点Bはシリコンダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との境界を示し、点Cはガリウムヒ素ダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との境界を示している。

【0007】図8に示すように、各PNダイオードにおいて、それぞれA点、B点及びC点より大きい順方向電流を流すと、順方向電圧の増加に対する順方向電流の増加の量が小さくなって指数関数領域をはずれてしまい、順方向電流電圧特性の非線形性が弱くなる。この理由は、PNダイオードが内部抵抗を有しているので、順方向電流が大きくなるとその内部抵抗による電圧降下が順方向電流電圧特性に現れてくるからである。すなわち、理想的なPNダイオードは順方向電流電圧特性がどの電流値でも指数関数特性を示すが、実際のPNダイオードには必ず内部抵抗があるので、図8に示すように、ゲルマニウムダイオードであれシリコンダイオードであれガリウムヒ素ダイオードであれ、高電流領域での順方向電流電圧特性は、指数関数特性からはずれてくるのである。

【0008】なお、図5乃至図8に示された特性は、マグローヒル出版株式会社から発行された著者がA. S. グローブで監訳が垂井康夫である「半導体デバイスの基礎」と題する書籍に掲載されたものである。

【0009】従来から、以上説明したPNダイオードの順方向電流電圧特性の温度依存性を利用した温度検知装置が提供されている。

【0010】図9は、PNダイオードを用いた従来の温度検知装置1を示す回路図である。この温度検知装置1は、PNダイオード2と、該PNダイオード2に低レベ

ルの一定値の順方向電流を流す定電流源3と、PNダイオード2の両端の電圧を計測する電圧計4とから構成されている。なお、電圧計4は、PNダイオード2又は定電流源3の両端に接続されている。

【0011】そして、定電流源3は、前述した図5乃至図7からわかるようにPNダイオードに低レベルの順方向電流を流した場合十分な温度検知感度（温度変化に対するPNダイオードの順方向電圧の変化量）が得られることから、PNダイオード2の指数関数領域内の順方向電流である低レベルの順方向電流をPNダイオード2に流すようにされている。

【0012】この温度検知装置1を使用する際には、温度を測定すべき被検物5に熱的に接触させる。これにより、電圧計4からPNダイオード2の両端の電圧の値を示す温度検知信号が出力され、被検物5の温度が検知される。

【0013】このような温度検知装置1は、熱電対を用いた温度検知装置に比べて構成が簡単で安価であるという特徴がある。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】ところで、例えば、赤外線固体撮像装置などの半導体装置は使用時に低い一定の温度に厳密に保つ必要があるので、従来から、半導体装置と、該半導体装置の温度を検知する温度検知装置と、前記半導体装置の温度を調節する冷却器などの温度調節器と、前記温度検知装置からの温度検知信号に基づいて前記半導体装置の温度が所定温度となるように前記温度調節器を制御する制御器とを備えた半導体温度調節システムが提供されている。

【0015】そして、従来の半導体温度調節システムでは、前記温度検知装置として熱電対を用いた温度検知装置が使用されている。

【0016】しかし、前述した図9に示すようなPNダイオード2を用いた温度検知装置1は前述したように熱電対を用いた温度検知装置に比べて構成が簡単で安価であることから、本件発明者は、前記従来の半導体温度調節システムにおいて、熱電対を用いた温度検知装置の代わりに図9に示す温度検知装置1を使用してみた。すなわち、本件発明者は、図10に示す半導体温度調節システムを作成した。

【0017】図10に示す半導体温度調節システムは、半導体装置としての赤外線固体撮像装置10と、PNダイオード2が赤外線固体撮像装置10に熱的に接触された図9に示した温度検知装置1と、赤外線固体撮像装置10の温度を調節する温度調節器としての冷却器11と、PNダイオード2の両端の電圧を示す電圧計4からの温度検知信号（計測結果）16に基づいて赤外線固体撮像装置10の温度が所定温度（77K）となるように冷却器11を制御する制御器17とを備えている。赤外線固体撮像装置10は、駆動・読み出し回路12から送

られる駆動信号13により動作し、画像信号14を駆動・読み出し回路12に送り返す。冷却器11は、コールドヘッド15を介して赤外線固体撮像装置10を冷却する。なお、図10に示す半導体温度調節システムでは、PNダイオード2としてシリコンダイオードを用いた。

【0018】この半導体温度調節システムでは、まず、冷却器11を動作させ冷却を開始し、PNダイオード2に定電流源3から1 $\mu$ Aの一定直流電流を流し、制御部17が電圧計4の出力を温度検知信号16としてモニターする。電圧計4が計測する電圧(PNダイオード2の両端の電圧)は室温(300K)では400~500mVとなるが、赤外線固体撮像装置10が77Kまで冷却されると950~1050mVになる。そこで、制御部17は、冷却器11のパワーを下げて、赤外線固体撮像装置10が77Kで一定となるように、すなわち、電圧計4が計測する電圧が例えば1000mVで一定となるように、冷却器11を制御する。

【0019】次に、温度が一定になった所で、赤外線固体撮像装置10の駆動と読み出しを行うための駆動・読み出し回路12の電源を入れると、システムとしての動作が開始する。

【0020】しかし、図10に示す半導体温度調節システムでは、以下に説明する2つの問題点が発生した。

【0021】まず、第1の問題点は、駆動・読み出し回路12の電源を入れ、赤外線固体撮像装置10を動作させると、電圧計4が計測した電圧が900mV程度まで低下してしまう現象が起こることである。すなわち、温度検知信号16は100mV程度のオフセットが発生してしまうという問題点である。

【0022】さらに、第2の問題点は、赤外線固体撮像装置10を動作し続けると、900mVに低下した電圧計4が計測する電圧が時間とともに変動し不安定になることである。

【0023】このように、図10に示す半導体温度調節システムでは、温度検知信号16にオフセットが発生し、かつ不安定であり、温度検知装置1が正常に作動しなかった。このため、赤外線固体撮像装置10を厳密に77Kに保つことができず、システム全体として正常に動作しなかった。すなわち、図9に示す従来の温度検知装置1は半導体温度調節システムにおける温度検知装置として用いることができなかった。

【0024】本件発明者による研究の結果、図10に示す半導体温度調節システムにおいて温度検知装置1が正常に作動しない原因が、赤外線固体撮像装置10が発する電氣的なノイズ(電源やグラウンドを回ってくるノイズや空中を電磁波として飛び込んでくるノイズ等であってPNダイオード2に乗るもの)であることが判明した。

【0025】本発明は、前記事情に鑑みてなされたもので、PNダイオードを用いた温度検知装置がそもそも有していた特徴である構成が簡単で安価であるという特徴

を損なうことなく、ノイズの多い環境下においてもオフセットが少なくかつ安定した温度検知信号を得ることができる、PNダイオードを用いた温度検知装置及び方法を提供すること、並びに、これを用いた半導体温度調節システム及び方法を提供することを目的とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明の第1の態様による温度検知装置は、PNダイオードと、該PNダイオードに一定値の順方向電流を流す定電流源と、前記PNダイオードの両端間の電圧を計測する計測手段とを備え、前記定電流源により前記PNダイオードに流される順方向電流の値を、前記PNダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上にしたものである。

【0027】本発明の第2の態様による温度検知装置は、前記第1の態様による温度検知装置において、前記定電流源により前記PNダイオードに流される順方向電流の値を、前記PNダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値の10倍以下にしたものである。

【0028】本発明の第3の態様による温度検知装置は、PNダイオードと、該PNダイオードに一定値の順方向電流を流す定電流源と、前記PNダイオードの両端間の電圧を計測する計測手段とを備え、前記PNダイオードの順方向の内部抵抗値と前記定電流源により前記PNダイオードに流される順方向電流の値との積を1mV以上にしたものである。

【0029】本発明の第4の態様による温度検知装置は、前記第3の態様による温度検知装置において、前記PNダイオードの順方向の内部抵抗値と前記定電流源により前記PNダイオードに流される順方向電流の値との積を10mV以下にしたものである。

【0030】本発明の第5の態様による温度検知装置は、PNダイオード及び抵抗とからなる直列回路と、該直列回路に一定値の順方向電流を流す定電流源と、前記直列回路の両端間の電圧を計測する計測手段とを備え、前記定電流源により前記直列回路に流される順方向電流の値を、前記直列回路の順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上の値にしたものである。

【0031】本発明の第6の態様による温度検知装置は、前記第5の態様による温度検知装置において、前記定電流源により前記直列回路に流される順方向電流の値を、前記直列回路の順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値の10倍以下にしたものである。

【0032】本発明の第7の態様による温度検知装置は、PNダイオードと抵抗とからなる直列回路と、該直

列回路に一定値の順方向電流を流す定電流源と、前記直列回路の両端間の電圧を計測する計測手段とを備え、前記直列回路の順方向の抵抗値と前記定電流源により前記直列回路に流される順方向電流の値との積を1mV以上にしたものである。

【0033】本発明の第8の態様による温度検知装置は、前記第7の態様による温度検知装置において、前記直列回路の順方向の抵抗値と前記定電流源により前記直列回路に流される順方向電流の値との積を10mV以下にしたものである。

【0034】本発明の第9の態様による温度検知装置は、前記第1乃至第8のいずれかの態様による温度検知装置において、前記PNダイオードをゲルマニウムダイオード又はシリコンダイオード又はガリウムヒ素ダイオードとしたものである。

【0035】本発明の第10の態様による半導体温度調節システムは、前記第1乃至第9のいずれかの態様による温度検知装置と、半導体装置と、該半導体装置の温度を調節する温度調節手段と、前記計測手段による計測結果に基づいて前記半導体装置の温度が所定温度となるように前記温度調節手段を制御する制御手段とを備え、前記PNダイオードを前記半導体装置に熱的に接触させたものである。なお、前記温度調節手段としては、用途に応じて、冷却手段であってもよいし、加熱手段であってもよいし、その両方の手段から構成されていてもよい。

【0036】本発明の第11の態様による半導体温度調節システムは、前記第10の態様による半導体温度調節システムにおいて、前記PNダイオードを前記半導体装置を構成する基板上に形成したものである。もっとも、前記PNダイオードは必ずしも前記基板上に形成しなく

てもよい。

【0037】本発明の第12の態様による半導体温度調節システムは、前記第10又は第11の態様による半導体温度調節システムにおいて、前記半導体装置を赤外線固体撮像装置とし、前記温度調節手段を冷却器としたものである。

【0038】本発明の第13の態様による温度検知方法は、温度を測定すべき被検物にPNダイオードを熱的に接触させ、該PNダイオードに一定値の順方向電流を流し、前記PNダイオードの両端間の電圧を計測する温度検知方法において、前記PNダイオードに流す順方向電流の値を、前記PNダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上、前記PNダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値の10倍以下にしたものである。

【0039】本発明の第14の態様による温度検知方法は、温度を測定すべき被検物にPNダイオードを熱的に接触させ、該PNダイオードに一定値の順方向電流を流

し、前記PNダイオードの両端間の電圧を計測する温度検知方法において、前記PNダイオードの順方向の内部抵抗値と前記PNダイオードに流す順方向電流の値との積を1mV以上10mV以下にしたものである。

【0040】

【作用】本件発明者は、図10に示す半導体温度調節システムにおいて前記第1の問題点である温度検知信号16にオフセットの発生する原因を調べたところ、前述したように、赤外線固体撮像装置10が発する電氣的なノイズが問題であることを突き止めた。

【0041】そのメカニズムについて、図11を用いて説明する。図11は、室温(300K)付近でのPNダイオードであるシリコンダイオードの順方向電流電圧特性をリアルスケールで描いたものである。

【0042】例えば、1 $\mu$ Aの一定値の順方向電流(指数関数領域内の順方向電流)を流す定電流源を前記シリコンダイオードに接続すると、動作点は図11中の点Pとなる。このときのシリコンダイオードの両端の電圧(順方向電圧)は $V_s$ (約440mV)となる。ここで前記シリコンダイオードの両端に振幅が $V_n$ (図11に示す例では、約40mV)のノイズが乗ると、前記定電流源の代わりに電圧源を接続したと仮定した場合には、動作範囲が図11中の点Qから点Rまでとなり、よって振幅 $I_n$ のノイズ電流が現れる。通常はノイズ電圧に直流成分はないが、図11に示すようにダイオードの順方向電流電圧特性は指数関数領域で非線形性が非常に強い

ため、ノイズの乗った電流波形の中心 $I_0$ はノイズのないときの順方向電流 $I_s$ と大きくずれてくる。すなわち、前記定電流源の代わりに電圧源を前記シリコンダイオードに接続したと仮定した場合に、ノイズが乗ると、順方向電流の直流成分が大きく変わってしまうのである。

【0043】ところが、このダイオードは定電流源に接続されているので、電流の直流成分が変わることは許されない。よって、定電流源の両端の電圧(すなわち、ダイオードの順方向電圧)が下がり、動作点Pが低い電圧の方向に移動し、移動後の $I_0$ が1 $\mu$ Aとなる所でバランスする。これが温度検知信号16にオフセットの発生するメカニズムである。

【0044】また、ノイズが原因で温度検知信号16にオフセットが発生するので、オフセットの量は全体のシステムのコンディションや周囲のノイズ環境の影響を受け易く、それが前記第2の問題点である温度検知信号16の不安定性の発生原因である。

【0045】そして、以上説明したメカニズムは、シリコンダイオードに限らず、ゲルマニウムダイオードやガリウムヒ素ダイオードなどの他のPNダイオードにおいても同様である。

【0046】本件発明者は、このようなメカニズムの究明の下に、PNダイオードでは、既に図8に関連して説

明したように順方向電流電圧特性が指数関数領域をはずれる領域を有していることに着目し、定電流源によりPNダイオードに流す順方向電流の値を大きくして動作点を前記指数関数領域をはずれる領域に移すことによって、半導体温度調節システムのようなノイズの多い環境下においてもオフセットが少なく安定した温度検知信号(PNダイオードの両端の電圧に相当)を得ることに成功した。

【0047】ここで、定電流源によりPNダイオードに流す順方向電流の値を大きくして動作点を前記指数関数領域をはずれる領域に移すことによって、半導体温度調節システムのようなノイズの多い環境下においてもオフセットが少なく安定した温度検知信号を得ることができる理由について、図12を参照して説明する。

【0048】図12は、室温(300K)付近での図11と同一のPNダイオードの順方向電流電圧特性の高電流領域の特性を示す図である。このダイオードは、順方向電流 $I_F$ が100 $\mu$ Aである点付近から指数関数特性をはずれていくものである。

【0049】このダイオードに、例えば1mAの一定値の順方向電流(指数関数領域をはずれた領域内の順方向電流)を流す定電流源を接続すると、動作点は図12中の点P'となる。このときのダイオードの両端の電圧(順方向電圧)は $V_{s'}$ (約680mV)となる。ここで前記ダイオードの両端に振幅が $V_{n'}$ (図12に示す例では、約40mVであり、図11中の $V_n$ と等しい。)のノイズが乗ると、前記定電流源の代わりに電圧源を接続したと仮定した場合には、動作範囲が図12中の点Q'から点R'までとなり、よって振幅 $I_{n'}$ のノイズ電流が現れる。ここでノイズ電流波形の中心 $I_0'$ は、ノイズのないときの電流値 $I_{s'}$ とずれてくる。しかし、そのずれは、ダイオードの順方向電流電圧特性は指数関数領域に比べて指数関数領域をはずれた領域では非線形性が弱いため、図11中の $I_0$ と $I_s$ との間のずれに比べて極わずかである。

【0050】ところで、このダイオードは定電流源に接続されているので、電流の直流成分が変わることは許されない。よって、定電流源の両端の電圧(すなわち、ダイオードの順方向電圧)が下がり、動作点P'が低い電圧の方向に移動し、移動後の $I_0'$ が1mAとなる所でバランスする。しかし、前述したように図12中の $I_0'$ と $I_{s'}$ との間のずれが図11中の $I_0$ と $I_s$ との間のずれに比べて極わずかであるので、動作点P'が低い電圧の方向に移動する移動量も極わずかとなる。

【0051】したがって、定電流源によりPNダイオードに流す順方向電流の値を大きくして動作点を前記指数関数領域をはずれる領域に移すことによって、ノイズによる温度検知信号(ダイオードの両端の電圧に相当)のオフセットの発生は大幅に減少し、よって、ノイズの影響を受け難くなるので温度検知信号の不安定性も大幅に

改善されるのである。

【0052】本発明は、以上説明した原理に基づくものである。

【0053】本発明の第1、2、13の態様によれば、定電流源によりPNダイオードに流される順方向電流の値を、PNダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上にしているので、前述した原理により、ノイズの多い環境下においてもオフセットが少なくかつ安定した温度検知信号(計測手段による計測結果)を得ることができる。また、従来に比べて特別な部品等を要しないので、構成が簡単で安価であるという特徴を損なうことがない。

【0054】PNダイオードの順方向電流を大きくし過ぎると温度検知感度(温度変化に対するPNダイオードの順方向電圧の変化量)の低下の度合いが大きくなってしまいうので、本発明の第2、13の態様のように、定電流源によりPNダイオードに流される順方向電流の値を、PNダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値の10倍以下にすることが望ましい。

【0055】本発明の第3、4、14の態様は、PNダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値が、実験的にはPNダイオード順方向の内部抵抗値との積が1mVとなるものであったことに基づくものであり、本発明の第1、2、13の態様と同様である。

【0056】付言すると、本発明の第4、14の態様は、PNダイオードの順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値が、実験的にはPNダイオード順方向の内部抵抗値との積が1mVとなるものであったことに従い、本発明の第2、13の態様と同様に温度検知感度の低下の度合いが大きくなるようにするためには、PNダイオードの順方向の内部抵抗値とPNダイオードに流す順方向電流との積を前記1mVの10倍である10mV以下にすることが望ましいことによるものである。

【0057】PNダイオード及び抵抗からなる直列回路は、内部抵抗の大きいPNダイオードの単体と実質的に等価である。よって、本発明の第5〜8の態様についても、本発明の第1〜4の態様と同様である。

【0058】本発明の第10〜12の態様によれば、本発明の第1〜9のいずれかの態様が用いられているので、温度検知にPNダイオードが用いられているにもかかわらず、半導体装置の温度を厳密に一定に保つことができる。

【0059】

【実施例】以下、図面に示す実施例に基づいて本発明の温度検知装置及び方法並びにこれを用いた半導体温度調節システム及び方法について説明する。

11

【0060】図1は、本発明の一実施例による温度検知装置21を示す回路図である。なお、図1において、図9に示す従来の温度検知装置1と同一構成要素には同一符号を付している。

【0061】この温度検知装置1は、PNダイオード2と、該PNダイオード2に高レベルの一定値の順方向電流を流す定電流源23と、PNダイオード2の両端の電圧を計測する電圧計4とから構成されている。

【0062】前記PNダイオード2は、ゲルマニウムダイオード、シリコンダイオード又はガリウムヒ素ダイオードであってもよいし、その他のPNダイオードであってもよい。また、電圧計4の代わりに、PNダイオード2の両端の電圧を計測する他の計測手段を採用してもよい。

【0063】そして、定電流源23は、PNダイオード2の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上の値の高レベルの順方向電流をPNダイオード2に流すようにされている。

【0064】PNダイオード2の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界は、PNダイオード2の室温(300K付近)での順方向の内部抵抗を $R_i(\Omega)$ とすると、実験的に、次式(1)で示す順方向電流 $I_{F1}(A)$ にはほぼ対応することが判明した。

【0065】
$$I_{F1} = i / (1000 \times R_i) \quad \dots (1)$$

したがって、具体的には、定電流源23が、前記順方向電流 $I_{F1}$ の値以上の順方向電流をPNダイオード2に流すように設定しておけばよい。

【0066】換言すると、PNダイオード2の順方向の内部抵抗値と定電流源23によりPNダイオード2に流される順方向電流の値との積を1mV以上にしておけばよい。

【0067】なお、定電流源23によりPNダイオード2に流される順方向電流を大きくし過ぎると、PNダイオード2の温度変化に対する電圧計4の出力の変化、すなわち、温度検知感度が小さくなってしまうので、定電流源23によりPNダイオード2に流される順方向電流の値を、PNダイオード2の順方向電流電圧特性の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値の10倍以下にすることが望ましい。

【0068】具体的には、定電流源23が、前記順方向電流 $I_{F1}$ の値の10倍以下の値の順方向電流をPNダイオード2に流すように設定しておくことが望ましい。換言すると、PNダイオード2の順方向の内部抵抗値と定電流源23によりPNダイオード2に流される順方向電流の値との積を10mV以下にすることが望ましい。

【0069】この温度検知装置21を使用する際には、温度を測定すべき被検物5に熱的に接触させる。これにより、電圧計4からPNダイオード2の両端の電圧の値

12

を示す温度検知信号が出力され、被検物5の温度が検知される。

【0070】以上説明した温度検知装置21によれば、既に図12に関連して説明した原理により、ノイズの多い環境下においてもオフセットが少なくかつ安定した温度検知信号(本例では、電圧計4の出力)を得ることができる。また、従来に比べて特別な部品等を要しないので、構成が簡単で安価であるという特徴を損なうことがない。

【0071】次に、前述した図1に示す温度検知装置21を用いて構成した半導体温度調節システムの一例について説明する。図2はこの半導体温度調節システムの構成を示す図である。なお、図2において、図10に示す構成要素と同一の構成要素には同一符号を付している。

【0072】図2に示す半導体温度調節システムは、半導体装置としての赤外線固体撮像装置10と、PNダイオード2が赤外線固体撮像装置10に熱的に接触された図1に示した温度検知装置21と、赤外線固体撮像装置10の温度を調節する温度調節器としての冷却器11と、PNダイオード2の両端の電圧を示す電圧計4からの温度検知信号(計測結果)16に基づいて赤外線固体撮像装置10の温度が所定温度(例えば77K)となるように冷却器11を制御するインバーター等からなる制御器17とを備えている。赤外線固体撮像装置10は、駆動・読み出し回路12から送られる駆動信号13により動作し、画像信号14を駆動・読み出し回路12に送り返す。冷却器11は、コールドヘッド15を介して赤外線固体撮像装置10を冷却する。

【0073】なお、本例では、半導体装置が赤外線固体撮像装置10となっているが、半導体装置としては、赤外線固体撮像装置10の代わりに所定温度に冷却する必要がある可視光固体撮像装置などの他の半導体装置であってもよい。また、本例では、温度調節器として冷却器11が用いられているが、所定の半導体装置を周囲温度に対して高い所定温度に保つ必要がある場合には温度調節器として加熱器を用いればよいし、必要に応じて温度調節器として冷却器及び加熱器の双方を備えたものを用いてもよい。さらに、PNダイオード2は、赤外線固体撮像装置10に熱的に接触させればよく、赤外線固体撮像装置10と別個に構成してもよいが、PNダイオード2を赤外線固体撮像装置10を構成する基板上に形成すると、赤外線固体撮像装置10を製造する際に併せてPNダイオード2も製造することができるとともに、該PNダイオード2が自動的に赤外線固体撮像装置10に熱的に接触することになるので、便利である。

【0074】この半導体温度調節システムでは、まず、冷却器11を動作させ冷却を開始し、PNダイオード2に定電流源3から例えば1mAの一定直流電流を流し、制御部17が電圧計4の出力を温度検知信号16としてモニターする。制御部17は、電圧計4が計測する電圧



が例えば77Kに相当する値で一定となるように、冷却器11を制御する。

【0075】次に、温度が一定になった所で、赤外線固体撮像装置10の駆動と読み出しを行うための駆動・読み出し回路12の電源を入れると、システムとしての動作が開始する。

【0076】この半導体温度調節システムによれば、温度検知装置として図1に示す温度検知装置21が用いられているので、赤外線固体撮像装置10から発した電気的なノイズがPNダイオード2に乘るが、温度検知装置21から前述したようにオフセットが少なくかつ安定した温度検知信号16が得られる。このため、半導体装置の温度を厳密に一定に保つことができる。

【0077】さて、本件発明者は、図2に示す半導体温度調節システムにおいて、赤外線固体撮像装置10として転送部にCCDが採用された赤外線固体撮像装置10を用い、PNダイオード2として室温(300K付近)における順方向の内部抵抗値が約10Ωのシリコンダイオードを用いて実験を行い、図3に示す実験結果を得た。

【0078】図3は、PNダイオード2の順方向電流と温度検知信号16のオフセット(前記CCD動作時と停止時のPNダイオード2の順方向電圧の差)との関係(図3中の破線)、及び、PNダイオード2の順方向電流と温度検知感度(温度変化に対するPNダイオードの順方向電圧の変化量)との関係(図3中の実線)を示す図である。なお、図3中の左右方向の矢印は、当該特性曲線に対応する縦軸を示す。

【0079】実験に用いたシリコンダイオードの内部抵抗は前述したように約10Ωのものであり、式(1)より前記境界の順方向電流 $I_{FI}$ は100μAとなり、ダイオードに流す順方向電流としては100μAから1mAの間が最適となるはずである。実際の結果も、図3に示すようにオフセットが20mV以下となっているとともに温度検知感度が1.8~2.1(mV/K)となっており、良好な特性と言える。

【0080】ところで、定電流源23がPNダイオード2の指数関数領域と該指数関数領域をはずれる領域との間の境界付近の順方向電流の値以上の値の高レベルの順方向電流をPNダイオード2に流すように設定するためには、定電流源23が流す電流の値を従来の定電流源3が流す電流の値より大きくしてもよいし、それに代えて又はそれに加えて、PNダイオード2の内部抵抗値を従来に比べて大きくしてもよい。なお、PNダイオード2の内部抵抗値を大きくするためには、例えば、その不純物濃度を下げればよい。

【0081】また、PNダイオード及び抵抗からなる直列回路は、内部抵抗の大きいPNダイオードの単体と実質的に等価であるので、本発明では、例えば、図1及び図2に示す構成においてPNダイオード2に直列に抵抗

を挿入してもよい。この場合、挿入した抵抗はできるだけPNダイオード2の近くに配置することが望ましい。

【0082】図1に示す構成においてPNダイオード2に直列に抵抗24を挿入した例を、図4に示す。なお、図4において、図1と同一構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0083】この場合、「PNダイオード2の内部抵抗値」を「PNダイオード2及び抵抗24からなる直列回路の順方向の抵抗値」と読み代えて、図1に関連して既に説明した定電流源23による順方向電流の値の設定方法を適用すれば良いことは、明らかである。

【0084】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、従来の温度検知装置と比べて新たな部品等を追加することなく、安価にノイズによる温度検出信号のオフセットの発生や不安定性を大幅に改善することができる。

【0085】さらに、本発明によれば、所定の条件を満たすようにすれば、温度変化に対する順方向電圧の変化も従来と比べてさほど小さくなることはない。

【0086】また、赤外線固体撮像装置のようにノイズの発生が多く、かつ厳密な温度コントロールを必要とし、温度検知装置の出力で冷却器にフィードバック制御をかける場合などには、本発明を適用することは非常に有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による温度検知装置を示す回路図である。

【図2】本発明の他の実施例による半導体温度調節システムの構成を示す図である。

【図3】図2に示す半導体温度調節システムにおける、順方向電流に対する温度検知信号のオフセット及び温度検知感度の関係の実験結果を示す図である。

【図4】本発明の更に他の実施例による温度検知装置を示す回路図である。

【図5】ゲルマニウムダイオードの低電流領域の順方向電流電圧特性の一例を示す図である。

【図6】シリコンダイオードの低電流領域の順方向電流電圧特性の一例を示す図である。

【図7】ガリウムヒ素ダイオードの低電流領域の順方向電流電圧特性の一例を示す図である。

【図8】各種ダイオードの高電流領域の順方向電流電圧特性の一例を示す図である。

【図9】PNダイオードを用いた従来の温度検知装置を示す回路図である。

【図10】本発明を発明する過程で本件発明者が作成した半導体温度調節システムの構成を示す図である。

【図11】従来の温度検知装置の動作の説明図である。

【図12】本発明による温度検知装置の動作原理の説明図である。

【符合の説明】



15

16

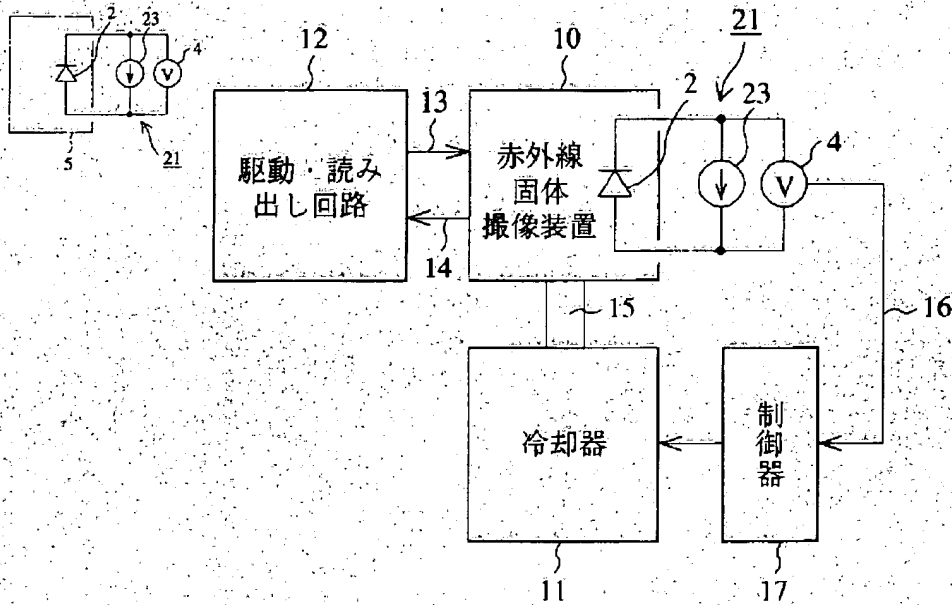
- 2 PNダイオード
- 4 電圧計
- 5 被検物
- 10 赤外線固体撮像装置
- 11 冷却器
- 12 駆動・読み出し回路

- 16 温度検知信号
- 17 制御器
- 21 温度検知装置
- 23 定電流源
- 24 抵抗

【図1】

【図2】

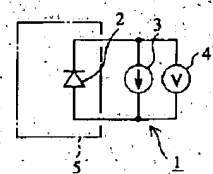
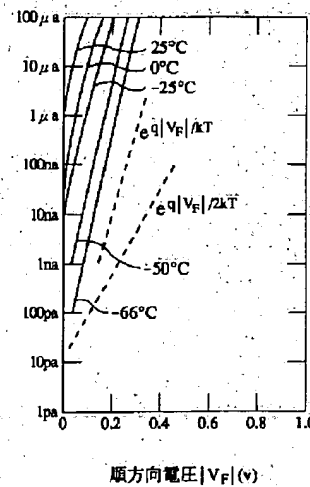
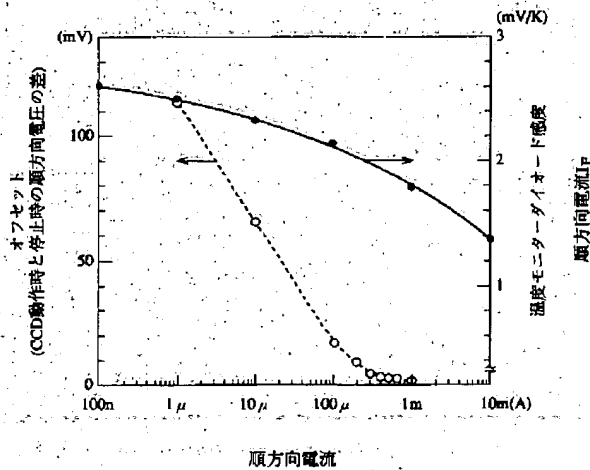
【図4】



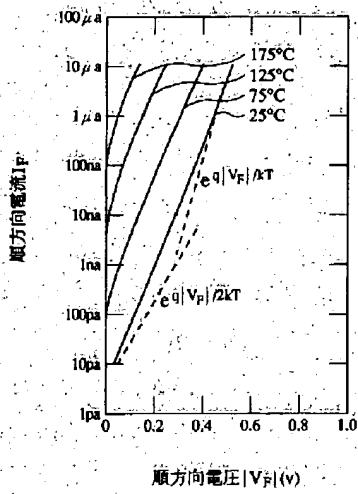
【図3】

【図5】

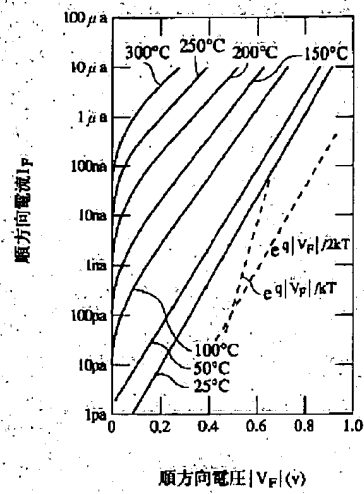
【図9】



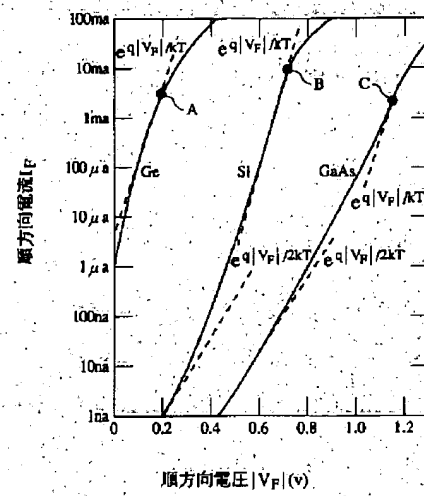
【図6】



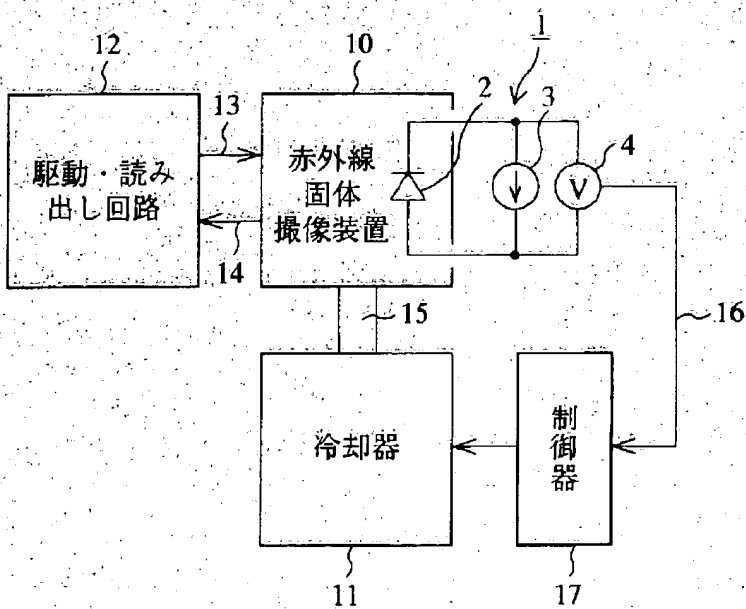
【図7】



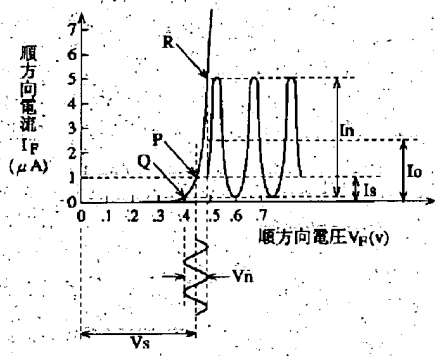
【図8】



【図10】



【図11】



【図12】

